



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3334 133 A 1**

⑤① Int. Cl. 3:
H02K 17/14

②① Aktenzeichen: P 33 34 133.8
②② Anmeldetag: 19. 9. 83
④③ Offenlegungstag: 4. 4. 85

DE 3334 133 A 1

⑦① Anmelder:
Lehmann, Bernd, El.-Ing.(grad.), 1000 Berlin, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:
nicht recherchierbar.

Patentreisung

⑤④ Polumschaltung an Drehstrommotoren unter Verwendung von Kondensatoren

Polumschaltung an Drehstrommotoren unter Verwendung von Kondensatoren für bis zu 5 Polzahlen im Verhältnis 1 : 2 : 3 : 4 : 5. Das Verfahren ist eine Erweiterung der bekannten Dahlanderumschaltung (2 : 4) um die Stufen 1, 3 und 5. Hierzu werden 3 Kondensatoren in die Schaltung einer normalen Drehstrom-Zweischichtwicklung integriert. Mit den Kondensatoren gelingt es, auch für die Stufen 1, 3 und 5, einen symmetrischen Drehstrombetrieb, allerdings nur für einen Betriebspunkt, zu ermöglichen. Vorteilhafte Anwendungen liegen z. B. vor bei:

2/6/10-, 2/10-, 4/6- oder 6/8poligen Motoren, Hochspannungsmotoren oder polumschaltbaren Einphasenmotoren unter Verwendung der Steinmetzschaltung.

Für einige Polzahlverhältnisse, wie z. B. 4/6- oder 6/8polig, reicht z. B. ein Kondensator 3facher Kapazität, oder kann auch eine Einschichtwicklung verwendet werden, und es besteht weiterhin die Möglichkeit, eine Schaltung zu wählen, bei der die Kondensatoren bei den Stufen 2 oder 4 automatisch zur Blindstromkompensation genutzt werden.

DE 3334 133 A 1

-1-

Aktenzeichen:

Anmelder: Bernd Lehmann, Senftenbergerring 44^d
1000 Berlin 26

Bezeichnung: Polumschaltung an Drehstrommotoren unter Verwendung von Kondensatoren

Anmeldetag:

Erfinder: gleich Anmelder

1 Patentansprüche

1. Polumschaltung an Drehstrommotoren unter Verwendung von Kondensatoren, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer symmetrisch gewickelten, dreiphasigen, sechszonigen Drehstrom-Zweischichtwicklung der Polzahlstufe 2, mit einer ganzzahlig durch 12 teilbaren Gesamtspulengruppenzahl in der Anordnung (1), (2), (3), (4) und (5), der Hälfte der Spulengruppen von (2) bis (4) ein Kondensator je Strang parallelgeschaltet wird, so daß eine Polumschaltung für maximal 5 Polzahlen im Verhältnis 1:2:3:4:5 möglich wird, wobei
- 5 Stufe 1 mit Drehstromspeisung über (1) und (5),
Stufe 2 mit Drehstromspeisung über (2) und (4)
mit Sternpunkten in (1), (3) und (5),
15 Stufe 3 mit Einphasenstromspeisung über (1) und (5),
Stufe 4 mit Drehstromspeisung über (3) und
Sternpunkten in (1) und (5) und
20 Stufe 5 mit Drehstromspeisung, bei Vertauschung zweier Netzzuleitungen, aus Stufe 1 entsteht, und für die Stufen 1 und 5 die Spulengruppen von (2) bis (4) so angeordnet werden können, daß an ihren Spannungen liegen, die zu denen des restlichen Stranges entweder 30, 90 oder 150° phasenverschoben sind, und daß bei der Verschaltung aller Gruppen und
25 der Dimensionierung der Kondensatoren den Erfordernissen der polzahlabhängigen Spannungszeigersterne weitestgehend nachgekommen wird.

- 1 2. Drehstrommotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulengruppen im Bereich von (2) bis (4) durch die Anordnung (6) bis (8) ersetzt werden und
- 5 Stufe 2 mit Drehstromspeisung über (7) und Sternpunkten in (1) und (5) und Stufe 4 mit Drehstromspeisung über (6) und (8) und Sternpunkten in (1), (7) und (5) entsteht, und für die Stufen 1 und 5 die Spulengruppen im Bereich von (6) bis (8) so angeordnet werden können, daß an ihnen Spannungen liegen, die zu denen des restlichen Stranges entweder 30, 90 oder 150° phasenverschoben sind.
- 10 3. Drehstrommotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an die Spulengruppen in der Anordnung (1), (9), (10), (11) und (12), in (10) ein Kondensator je Strang angeschlossen wird, deren zweite Enden entweder zu einer Stern- oder einer Dreieckschaltung verbunden werden oder durch Anschluß an
- 15 (1) bzw. (12) parallel zu den Gruppen von (1) bis (10) bzw. von (10) bis (12) gelegt werden, so daß eine Polumschaltung für maximal 4 Polzahlen im Verhältnis 1:2:3:5 möglich wird, wobei
- 20 Stufe 1 mit Drehstromspeisung über (1) und (12), Stufe 2 mit Drehstromspeisung über (9) und (11) und Sternpunkten in (1), (10) und (12) Stufe 3 mit Einphasenstromspeisung über (1) und (12) und
- 25 Stufe 5 mit Drehstromspeisung, bei Vertauschung zweier Netzzuleitungen, aus Stufe 1 entsteht, und für die Stufen 1 und 5 die Spulengruppen von (1) bis (10) bzw. von (10) bis (12) so angeordnet werden können, daß an ihnen Spannungen liegen, die zu denen des restlichen Stranges entweder 30, 90 oder 150° phasenverschoben sind.
- 30 35

-3-

- 1 4. Drehstrommotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß an die Spulengruppen in der Anordnung (1),
5 (9), (13), (14) und (15) in (13) ein Kondensator je Strang angeschlossen wird, deren zweite Enden entweder zu einer Stern- oder einer Dreieckschaltung
verbunden werden oder durch Anschluß an (1) bzw. (15) parallel zu den Gruppen von (1) bis (13) bzw. (13) bis (15) gelegt werden, so daß eine Polumschaltung für maximal 4 Polzahlen im Verhältnis 1:3:4:5
10 möglich wird, wobei
Stufe 1 mit Drehstromspeisung über (1) und (15),
Stufe 3 mit Einphasenstromspeisung über (1) und (15),
15 Stufe 4 mit Drehstromspeisung über (9) und (14) und Sternpunkten in (1), (13) und (15) und
Stufe 5 mit Drehstromspeisung, bei Vertauschung zweier Netzzuleitungen, aus Stufe 1 entsteht, und
für die Stufen 1 und 5 die Spulengruppen von (1) bis (13) bzw. von (13) bis (15) so angeordnet werden können, daß an ihnen Spannungen liegen, die zu
20 denen des restlichen Stranges entweder 30, 90 oder 150° phasenverschoben sind.
5. Drehstrommotor nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß für die Umschaltung im Verhältnis 2:3 eine symmetrisch gewickelte, dreisträngige, sechszonige Einschichtwicklung in sogenannter Dreietagenausführung verwendet wird.
- 25 6. Drehstrommotor nach den Ansprüchen 1, 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die Umschaltung im Verhältnis 3:4 eine symmetrisch gewickelte, dreisträngige, sechszonige Einschichtwicklung in sogenannter Zweietagenausführung verwendet wird.
- 30 7. Drehstrommotor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Spulengruppen mit parallelgeschalteten Kondensatoren eine andere Windungszahl erhalten als die restlichen Spulengruppen.
- 35

-4-

- 1 8. Drehstrommotor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, daß die Kondensatoren bei
den Polzahlstufen 2 und 4 zur Blindstromkompen-
sation herangezogen werden.
- 5 9. Drehstrommotor nach den Ansprüchen 3 und 5, da-
durch gekennzeichnet, daß für das Polzahlverhält-
nis 2:3 insgesamt nur ein Kondensator verwendet
wird, dessen einer Anschluß an den in (10) gebil-
deten Sternpunkt gelegt wird, und dessen anderes
10 Ende wahlweise mit den in (1) oder (12) gebil-
deten Sternpunkten verbunden wird.
10. Drehstrommotor nach den Ansprüchen 4 und 6, da-
durch gekennzeichnet, daß für das Polzahlverhält-
nis 3:4 insgesamt nur ein Kondensator verwendet
15 wird, dessen einer Anschluß an den in (13) gebil-
deten Sternpunkt gelegt wird, und dessen anderes Ende wahl-
weise mit den in (1) oder (15) gebildeten Stern-
punkten verbunden wird.
- 20 11. Drehstrommotor nach den Ansprüchen 1 und 5, da-
durch gekennzeichnet, daß für das Umschaltverhält-
nis 2:3 der Anschluß der 3 Kondensatoren im Be-
reich von (2) bis (4) so erfolgt, daß jeweils
ein Anschluß in (2) und der andere, mit Strang-
wechsel in (4), so vorgenommen wird, daß sie, bei
25 Stufe 2, eine Dreieckschaltung bilden.
12. Drehstrommotor nach den Ansprüchen 2 und 6, da-
durch gekennzeichnet, daß für das Umschaltverhält-
nis 3:4 der Anschluß der 3 Kondensatoren im Be-
reich von (6) bis (8) so erfolgt, daß jeweils ein
Anschluß in (6) und der andere, mit Strangwechsel
30 in (8), so vorgenommen wird, daß sie, bei Stufe 4,
eine Dreieckschaltung bilden.
13. Drehstrommotor nach einem der Ansprüche 1 bis 12
dadurch gekennzeichnet, daß beim Vorhandensein ei-
nes Einphasennetzes die Drehstromstufen durch die
35 bekannte Steinmetzschaltung ersetzt werden.

- 5-

- 5 14. Drehstrommotoren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß den konstant genutzten Kondensatoren weitere parallelgeschaltet werden, die nach dem Vorliegen bestimmter Motorparameter durch geeignete Einrichtungen zu- oder abgeschaltet werden.

Beschreibung

Titel: Polumschaltung an Drehstrommotoren unter Verwendung von Kondensatoren

Gattung

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren mit dem eine Polumschaltung an Drehstrommotoren bis zum Umfang 1:2:3:4:5 ermöglicht wird. Hierzu bedient man sich der phasendrehenden Wirkung von Kondensatoren und einer besonderen Wicklungsanordnung, jedoch keiner speziellen neuen Wicklungsart.

10 Stand der Technik

- Drehstrommotoren haben den Mangel, daß sie, mit nur einer Wicklung versehen und bei konstanter Netzfrequenz, nur eine Nenndrehzahl ermöglichen. Durch sogenannte polumschaltbare Wicklungen oder Verwendung von statischen Frequenzumrichtern
- 15 versucht man diesen Umstand zu umgehen. Zur Polumschaltung gibt es außerdem eine Vielzahl von Spezialwicklungen, wie das Dahlanderverfahren oder die Polamplitudenmodulation. Man verwendet auch mehrere voneinander unabhängige Wicklungen verschiedener Polzahl. Bisher sind polumschaltbare Drehstrom-
- 20 motoren im Verhältnis 1:2:3:4:5, bei nur einer Wicklung, nicht bekannt. Auch das Standardwerk: Wechselstrom-Sonderwicklungen von Sequenz (Springer-Verlag Wien, III. Auflage, 1954), weist hierfür keine Lösung auf. Bekannt ist die Transformation des
- 25 3 phasigen Drehstromnetzes mittels Transformatoren in Spannungssysteme anderer Phasenzahl und anderer Spannungswerte.

Kritik

- Neben der Tatsache, daß eine Polumschaltung über die genannten 5 Polzahlen noch nicht bekannt ist, verbleiben bei den bekannten Verfahren Nachteile in den Fällen, in denen nur auf
- 30 2, 3 oder 4 Polzahlstufen zurückgegriffen wird. Teilweise sind die Wicklungen komplizierter aufgebaut, teilweise bestehen Nutzahl- oder Wickelschrittvorschriften, sehr häufig müssen Methoden wegen eines zu großen Umschaltaufwandes abgelehnt werden oder es müssen derartige Leistungseinbußen hingenom-
- 35 men werden, daß der Vorzug, mit nur einer Wicklung auszukommen, uninteressant wird. Die Verwendung von Transformatoren zur Phasenzahlvariation kann aus Kostengründen praktisch nicht genutzt werden.

Aufgabe

- Die Erfindung soll an Drehstrommotoren, die nur eine Wicklung aufweisen, eine Polumschaltung bis zum Verhältnis 1:2:3:4:5 ermöglichen. Hinzukommen muß, daß die Herstellung der Wicklung, das Verhalten der Motoren im Betrieb, der Umschaltaufwand bei Polzahlwechsel und das Gesamtleistungsvermögen, die erwähnte Polumschaltung auch anwendungswert beläßt. Neben der Umschaltung über alle 5 Stufen, sind aber insbesondere die über nur 2, 3 oder 4 Stufen zu empfehlen.
- 10 Es ergeben sich bei jeder Ausgangswicklung für die Polzahlstufe 2 (4-polig, 8-polig usw.), einschließlich des in das Verfahren integrierten Dahlanderumschaltverhältnisses von 2:4, insgesamt 26 unterschiedliche Polzahlkombinationen. Das 2:4 Umschaltverhältnis muß natürlich vom Schutz aus-
- 15 genommen werden.

Lösung

- Die Aufgabe wird bei einer gattungsgemäßen Einrichtung durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 bis 4 gelöst. Diese 4 Ansprüche unterscheiden sich hinsichtlich der Anordnung der Spulengruppen, der unterschiedlichen Anbindung der Kondensatoren an die Wicklung und der Anschlußbedingungen für die Polzahlstufen 2 und 4. Die Anordnung der Kondensatoren ist bei den Ansprüchen 3 und 4 vor-
- 20 teilhafter als bei den Ansprüchen 1 und 2, sobald für die Stufen 1, 3 oder 5 eine Drehrichtungsumkehr erforderlich wird.
- Für den Gesichtspunkt der Polumschaltung bleiben die Kondensatoren bei den Stufen 2 und 4 grundsätzlich ohne Funktion. Ausgangspunkt der Erläuterung des Erfindungsgedankens ist die Polzahlstufe 2. Für die Abfassung der Beschreibung der Erfindung und auch bei den figürlichen Dar-
- 30 stellungen ist diese Polzahlstufe 2 kleinstmöglich, d.h. 4-polig, gesetzt worden. Dies muß auch für die Abfassung der Patentansprüche gelten, soweit sie sich auf figürliche Darstellungen beziehen. Eine Erweiterung der Polzahlstufe 2 auf 8-, 12- oder 16-polig usw. ist trivial und soll, der Übersichtlichkeit wegen, unterbleiben.
- 35

- Zur Polumschaltung muß erreicht werden, daß die von Polzahl zu Polzahl veränderten Anforderungen der einzelnen Wicklungsteile (Spulengruppen), an die Phasenlage der zugeordneten Spannungen, erfüllt sind. Wenn Polzahlstufe 2
- 5 gleich 4-polig ist, liegen 12 Spulengruppen vor, deren Anfänge Spannungen folgenden Winkelabstandes α_1 erfordern:
- Stufe 1 : $\alpha_1 = 30^\circ$ ($\cos \varphi = \cos 15^\circ = 0,96$)
 Stufe 2 : $\alpha_1 = 60^\circ$ ($\cos \varphi$ beliebig)
 Stufe 3 : $\alpha_1 = 90^\circ$ ($\cos \varphi = \cos 45^\circ = 0,707$)
 10 Stufe 4 : $\alpha_1 = 120^\circ$ ($\cos \varphi$ beliebig)
 Stufe 5 : $\alpha_1 = 150^\circ$ ($\cos \varphi = \cos 75^\circ = 0,26$)
- Das Drehstromnetz L1/L2/L3, mit den Phasenlagen 0/120/240°, kann die Anforderungen der Stufen 2 und 4 erfüllen, wobei innerhalb der Wicklung auch die Phasenlagen 60/180/300°
- 15 automatisch erzeugt werden. Die vorliegende Erfindung setzt für die anderen Stufen einen Kondensator je Strang ein, mit der Aufgabe, den halben Strang mit einer Spannung der benötigten Zwischenphasenlage 30, 90 oder 150° zu versorgen. Der innerhalb jeder Phase vorliegende Zwischen-
- 20 phasenwinkel wird α_2 genannt. Der Phasenabstand α_2 zwischen den Teilphasenlagen jedes Stranges wird ein Vielfaches vom Gruppenabstand α_1 . Somit werden, wegen der Periodizität, folgende α_2 -Werte möglich, wobei die Winkel ($\alpha_2 + 180^\circ$) ausgespart bleiben müssen:
- 25 Stufe 1 : $\alpha_2 = 30^\circ, 90^\circ, 150^\circ$
 Stufe 3 : $\alpha_2 = 90^\circ$
 Stufe 5 : $\alpha_2 = 150^\circ, 90^\circ, 30^\circ$
- Es soll hier deutlich gesagt werden, daß der benötigte Winkel α_2 , bei konstanter Kapazität der Kondensatoren,
- 30 nur für einen Betriebspunkt exakt vorliegt, und zwar dann, wenn der Kondensator entsprechend dem Phasenwinkel ($\cos \varphi$) zwischen dem Strom (I) und der Spannung (U) an den einzelnen Spulengruppen und der Stromhöhe (I) dimensioniert wurde. Hier ist der $\cos \varphi$ gemeint, der an den
- 35 einzelnen Spulengruppen gegeben ist. Infolge der Kondensatorblindströme (I_C) wird der netzseitige Leistungsfaktor ($\cos \varphi_N$) zwischen Netzspannung (U_{Netz}) und Netzstrom (I_{Netz}) verändert, d.h. verbessert oder sogar kapa-

5 positiv. Die bei den Stufen 1, 3 und 5 symmetrierbaren Leistungsfaktoren sind der oberen Aufstellung hinzugefügt worden. Für die unterschiedlichen Zwischenphasenwinkel α_2 ergeben sich unterschiedliche Spannungen an den Kondensatoren (U_C) und somit auch an den parallelgeschalteten Spulengruppen.

10 Für die auf 2 Polzahlstufen reduzierten Umschaltverhältnisse 2:3 und 3:4 besteht nach den Ansprüchen 5 und 6 die Möglichkeit von der Zweischicht- auf eine, einfacher und billiger zu fertigende, Einschichtwicklung überzugehen. Der Grund hierfür liegt darin, daß die vorgeschriebenen Ausführungen sicherstellen, daß sowohl die Wickelschritt- als auch die Gesamtspulengruppenbedingung erfüllt ist. Bei Einschichtwicklungen sollten, wie bekannt, die Wickelschritte der Polteilung entsprechen.

15 Durch Patentanspruch 7 wird eine Maßnahme erläutert, mit der auch andere Betriebspunkte, als die bisher aufgezeigten, symmetrierbar werden. Dieses Verfahren kann aber nur dann angewendet werden, wenn die Gefahr von Ausgleichsströmen, infolge Parallelschaltung von Wicklungsteilen verschiedener Windungszahl, nicht besteht. Die Spulengruppen mit parallelgeschalteten Kondensatoren sollen, Windungszahl 1 und die restlichen, Windungszahl 2 erhalten. Das Windungszahlverhältnis „v“ (Windungszahl 1 / Windungszahl 2) ist dann wie folgt einzustellen:

30

$$v = \frac{\cos \varphi}{\cos(\alpha_2 - \varphi)}$$

$$\alpha_2 = 30, 50, 150^\circ$$

35

Der Winkel φ , d.h. die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung, ist in diesen Ausdrücken der Parameter des Betriebspunktes für den Motor, mittels Kondensatoren, ein Verhalten zeigt, das dem gleicht, das

er an einem 4- bzw. 12-phasigen Drehstromnetz hätte.
Durch die beschriebene Maßnahme können ungleiche Strom-
dichten in den Spulengruppen möglich bleiben. Das Ausmaß
der Unsymmetrie wäre aber noch größer, wenn der Betriebs-
punkt ungenügend symmetriert ist. Mit einer bestmöglich
5 angepaßten Wicklung wird ein schwingungs-, geräusch- und
verlustärmerer Nennlastpunkt erhalten als ohne Modifi-
zierung vorliegend. Vorzugsweise bleibt der Wicklungs-
querschnitt für alle Spulengruppen gleich, bei Einschicht-
10 wicklungen z. B. kann von dieser Regel abgewichen werden.
Selbstverständlich kann (Anspruch 8) mit einem geringen
zusätzlichen Schaltgeräteaufwand erreicht werden, daß die
Kondensatoren auch für die Polzahlstufen 2 und 4, zumin-
dest als Blindstromkompensation, eingesetzt werden.
15 Die Patentansprüche 9 und 10 erläutern in welchen Sonder-
fällen die in der Regel 3 Kondensatoren durch nur einen
von 3-facher Kapazität ersetzbar sind.
In der Ausführung gemäß den Ansprüchen 11 und 12, d.h.
für die Umschaltungen im Verhältnis 2:3 oder 3:4, sind
20 die Kondensatoren, im fest verschalteten Zustand, in der
Lage, eine Blindstromkompensation bei den Polzahlstufen
2 und 4 zu bewirken.
Grundsätzlich kann, wie es Patentanspruch 13 ausdrückt,
bei jeder Polzahlstufe, die einen Drehstromanschluß er-
25 fordert, auf die bekannte Steinmetzschaltung zurückge-
griffen werden. Hierdurch wird zwar ein Kondensator zu-
sätzlich erforderlich, andererseits aber die Möglichkeit
geboten, mit dem hier beschriebenen Verfahren, eine ganze
Reihe von Polumschaltverhältnissen auch bei den Ein-
30 phasenmotoren übernehmen zu können. Bei einer Vielfach-
umschaltung (Anspruch 14) kann es leicht vorkommen, daß
nicht bei allen vorgesehenen Polzahlen der Arbeitspunkt,
mit nur einem Kondensator, ausreichend symmetriert wird.
In diesen Fällen können den beschriebenen Anordnungen
35 weitere Kondensatoren parallelgeschaltet werden. Wenn ge-
wünscht, können diese auch nach dem Erreichen bestimmter
Motorströme ab- oder zugeschaltet werden.

Vorteile

- Wesentlichster Vorteil der Erfindung ist, daß das Verfahren mit einer üblichen Drehstrom-Zweischichtwicklung, z.T. sogar in Einschichtausführung, möglich ist. Hierdurch kann
- 5 die Wicklung schnell und preisgünstig gefertigt und auf ordnungsgemäße Fertigung geprüft werden. Bei Hochspannungsmotoren, in Formspulenausführung, wo getrennte Wicklungen höchst ungern ausgeführt werden, können mit der Erfindung alle die Polumschaltverhältnisse genutzt werden,
- 10 die bei Niederspannungsmotoren von Interesse sind. Gerade bei Hochspannungsmotoren werden, wegen der reziproken Abhängigkeit der Kondensatorkapazität vom Quadrat der Spannung, vorteilhafte Ausführungen erwartet. Die Erfindung ermöglicht mit einem wirtschaftlich vertretbaren
- 15 Aufwand an zusätzlichen Bauelementen (hier Kondensatoren) und zusätzlichen Polumschaltaufwand (Kabel und Schütze), eine Vielzahl von Polzahlkombinationen, wobei die Umschaltung über alle 5 Stufen von keinem anderen bekannten Verfahren geleistet wird. Ein bedeutender Vorteil ist auch
- 20 darin zu sehen, daß bei der Polzahlstufe 2 grundsätzlich keinerlei Leistungseinbuße im Vergleich mit einer optimal ausgelegten Eindrehzahlausführung hingenommen werden muß. Dieser Umstand ist ebenfalls bei keiner anderen Lösung gegeben, mit Ausnahme von Lösungen mit Transforma-
- 25 toren. Es kann hier auch darauf hingewiesen werden, daß in den Fällen, in denen die Kondensatoren aktiv sind, eine grundsätzlich wünschenswerte Blindstromkompensation erfolgt, wodurch oft kleinere Anschlußquerschnitte gewählt werden können und eine zentrale Blindstromkompensations-
- 30 anlage kleiner dimensioniert werden kann. Der Einsatz der Kondensatoren ist darüberhinaus mit dem Vorzug verbunden, daß sie neben der phasendrehenden Wirkung auch eine amplitudensteuernde Wirkung haben, z. B. bei der Variation des Zwischenphasenwinkels α_2 . Hierdurch kann auch bei der
- 35 relativ hohen Drehzahlsteigerung von 1:5 eine annehmbare magnetische Ausnutzung des Dynamobleches erzielt werden. Nachteilig ist bei dem Verfahren die Tatsache, daß in den Polzahlstufen 1, 3 und 5 nur für bestimmte Betriebspunkte

-7-

ein völlig symmetrischer Drehstrombetrieb vorliegt. Dieser Nachteil wird aber durch eine gezielte Anpassung der Motoren an die unterschiedlichen Arbeitsmaschinen soweit reduziert, daß für viele Anwendungen der Nutzen, durch den Gewinn an Leistung oder zusätzlich fahrbare Drehzahlstufen, überwiegt. Die im Anhang gegebenen Ausführungsbeispiele können nicht vollständig sein, dazu ist der Komplex der Möglichkeiten zu umfangreich. Für alle Anwendungen wird es darauf ankommen, einen Kompromiß einzugehen zwischen

5 dem Grad der Betriebspunktsymmetrierung,
dem Leistungsvermögen (Summe aller Drehzahlleistungen, bzw. Leistung der Hauptdrehzahl),
dem Schaltgeräteaufwand,
10 dem Kondensatorkapazitätsaufwand und
dem allgemeinen Betriebsverhalten der Motoren

Erläuterung der Erfindung anhand einiger Figuren

- 20 Fig. 1 Wicklungsausführung mit 24 Statornuten und einem Wickelschritt von 4/6. Die 12 Spulengruppen (Polzahlstufe 2 = 4-polig) sind durchnummeriert und besitzen Anfang (a) und Ende (e)
- Fig. 2 Anordnung der Spulengruppen und Kondensatoren gemäß Patentanspruch 1 und Figur 1
- 25 Fig. 3 wie Fig. 2 aber Patentanspruch 2 betreffend
Fig. 4 wie Fig. 2 aber Patentanspruch 3 betreffend
Fig. 5 wie Fig. 2 aber Patentanspruch 4 betreffend
Fig. 6 Spannungszeigersterne für die Polzahlstufen 1 bis 5 mit den Spulengruppenbezeichnungen nach Fig. 1
- 30 Fig. 7 Spannungszeigersterne für den Strang U. Zwischenphasenwinkel 30, 90 und 150° für Polzahlstufe 1
- Fig. 8 Vektordiagramme der Spannungen und Ströme für 2 Spulengruppen des Stranges U. Zwischenphasenwinkel 30, 90 und 150° für Polzahlstufe 1 laut Fig. 7
- 35 Fig. 9 Beispiele der Kondensatoranbindung, in anderer Darstellung, zur Ermittlung der Kondensatorspannung. Aufstellung nicht vollständig

- Fig.10 Wicklungsanordnung gemäß Patentanspruch 5 bei
24 Statornuten
- Fig.11 Wicklungsanordnung gemäß Patentanspruch 6 bei
24 Statornuten
- 5 Fig.12 Spannungszeigersterne für eine 4/6-polige Wick-
lung nach Patentanspruch 7 mit $v=1,7$.
- Fig.13 Vektordiagramm der Spannungen und Ströme für 2
Spulengruppen des Stranges U bei 6-polig symme-
triertem Betrieb. Wicklung nach Fig.12
- 10 Tab. 1 Näherungsweise Angaben zur Kondensatorkapazität
und Kondensatorspannung, um die Betriebspunkte
bei 50 Hz-Netzfrequenz zu symmetrieren

Ausführungs- und Verschaltungsbeispiele

- 15 Fig.14 Wichtigster Gesamtumfang der äußeren Anschlußmög-
lichkeiten nach Patentanspruch 1 und Fig. 2. Auf-
grund der im Einzelfall benötigten Polzahlen und
dem gewünschten Motorverhalten sind die zu nutzen-
den Schaltungen auszuwählen.
- 20 Fig.15 Entsprechend Fig.14, jedoch innere Verschaltung
nach Patentanspruch 2 und Fig. 3.
- Fig.16 Entsprechend Fig.14, jedoch innere Verschaltung
nach Patentanspruch 3 und Fig. 4. In Fig.16.5
wird eine Blindstromkompensation für Polzahlstufe
- 25 2 gezeigt, entsprechend Patentanspruch 8. Die mag-
netischen Verhältnisse entsprechen Tabelle 2, je-
doch ohne Polzahlstufe 4.
- Fig.17 Entsprechend Fig.14, jedoch innere Verschaltung
nach Patentanspruch 4 und Fig. 5. In Fig.17.8
wird eine Blindstromkompensation für Polzahlstufe
- 30 4 angedeutet, entsprechend Patentanspruch 8.
- Fig.18 Verschaltung der Kondensatoren für die Umschalt-
verhältnisse 1:2:5 und 1:4:5 mit Kondensatoren
in Dreieckschaltung nach Fig.9.3 und den Patent-
- 35 ansprüchen 3 bzw. 4.
- Fig.19 Verschaltung des einen Kondensators bei den Um-
schaltverhältnissen 2:3 bzw. 3:4 entsprechend den
Patentansprüchen 9 bzw. 10.

Fig.20 Verschaltung für die Umschaltverhältnisse 2:3
und 3:4 nach den Patentansprüchen 11 bzw. 12
zur Blindstromkompensation bei den Stufen 2 oder
4 ohne zusätzlichen Schaltgeräteaufwand

5 Fig.21 Beispiel für einen einphasigen Anschluß einer
Polzahlstufe 1 gemäß Patentanspruch 13

10 Tab. 2 Der prozentuale relative Maschinenfluß Φ und die
prozentuale relative Luftspaltinduktion B_L für
die Schaltungen nach Fig. 14. Angenommene Wick-
lungsauslegung: Nutenzahl 36 , Wickelschritt 5/9
(Δ =Dreieck-, Y =Stern-, III=Parallelschaltung)

Tab.3 Wie Tabelle 2 aber bezogen auf Fig. 15 und einem
Wickelschritt von 4/9

15 Tab. 4 Wie Tabelle 2 aber bezogen auf Figur 17 und auf
Polzahlstufe 4 (100%)

Tab. 5 Übersicht über vorteilhafte Anwendungen der Er-
findung. Ausgewählt und zusammengestellt aus den
Figuren 14, 15, 18, 19 und den Tabellen 1 bis 4

20

Kondensatorkapazität u. Kondensatorspannung (Überschlagwerte)

Netzspannung	$\alpha_2=30^\circ$		$\alpha_2=90^\circ$		$\alpha_2=150^\circ$		Verschaltg. nach Fig.
	C(μ F)	U _C (V)	C(μ F)	U _C (V)	C(μ F)	U _C (V)	
$\frac{380 \text{ V}}{(\text{"C-je kW"})}$	9	200	13	270	2	740	9.1 bis 9.5
	27	110	40	160	7	430	9.7 bis 9.9
$\frac{660 \text{ V}}{(\text{"C-je kW"})}$	3	340	4	470	1	1280	9.1 bis 9.5
	9	200	13	270	2	740	9.7 bis 9.9
$\frac{6000 \text{ V}}{(\text{"C-je 100kW"})}$	23	3130	33	4200	6	11600	9.1 bis 9.5
	68	1800	100	2500	18	6800	9.7 bis 9.9

Tabelle 1

Fig. 17...	Pol- zahl	Φ (%)	B _L (%)	Spann. je Gruppe	Zonen- faktor	Sehngs. faktor	α_2	cos ϕ	Schal- tung
17.1	2	114	29	45%	0,99	0,34	30°	0,96	Δ
17.2	2	155	39	61%	0,99	0,34	90°	0,71	Δ
17.3	2	435	108	168%	0,99	0,34	150°	0,26	Δ
4/6	6	65	49	61%	0,92	0,87	90°	0,71	III
7/8	8	100	100	100%	0,87	0,98	0°	alle	YYY
17.11	10	50	62	45%	0,79	0,98	30°	0,96	Δ
17.10	10	68	85	61%	0,79	0,98	90°	0,71	Δ
17.9	10	107	134	97%	0,79	0,98	150°	0,26	Y

Tabelle 4

Fig. 14....	Pol- zahl	Φ %	B _L %	Spann. je Gruppe	Zonen- faktor	Sehngs. faktor	α_2	cos φ	Schal- tung
14.1	2	80	40	45 %	0,99	0,42	30°	0,96	Δ
14.2	2	109	54	61 %	0,99	0,42	90°	0,71	Δ
14.3	2	173	86	97 %	0,99	0,42	150°	0,26	Y
14.4	4	100	100	100%	0,97	0,76	0°	alle	YYY
14.5/7	6	51	77	61 %	0,92	0,96	90°	0,71	III
14.8	8	43	86	50 %	0,87	0,98	0°	alle	YY
14.11	10	51	128	45 %	0,79	0,82	30°	0,96	Δ
14.10	10	40	100	35 %	0,79	0,82	90°	0,71	Y
14.9	10	110	276	97 %	0,79	0,82	150°	0,26	Y

Tabelle 2

Fig. 15....	Pol- zahl	Φ (%)	B _L (%)	Spann. je Gruppe	Zonen- faktor	Sehngs. faktor	α_2	cos φ	Schal- tung
15.1	2	166%	83%	90%	0,99	0,34	30°	0,96	Δ
15.2	2	129%	65%	70%	0,99	0,34	90°	0,71	Y
15.3	2	366%	183%	194%	0,99	0,34	150°	0,26	Y
15.4	4	100%	100%	100%	0,97	0,64	0°	alle	YY
15.5/7	6	95%	142%	122%	0,92	0,87	90°	0,71	III
15.8	8	145%	290%	200%	0,87	0,98	0°	alle	YYY
15.11	10	42%	105%	52%	0,79	0,98	30°	0,96	Y
15.10	10	56%	140%	70%	0,79	0,98	90°	0,71	Y
15.9	10	155%	388%	194%	0,79	0,98	150°	0,26	Y

Tabelle 3

genutzte Polzahlen Stufe 2 = 4 polig	Stufe 2 = 8 polig	nach Patent= anspr.	Klemmen= anzahl	Anzahl 3 pol. Schütze	Figuren
2/4/6/8/10	4/8/12/16/20	1	21	14	14.2/.4/.6/.8/.10
2/4/8/10	4/8/16/20	1	15	9	14.2/.4/.6/.8
2/4/10	4/8/20	2	6	4	15.2/.4/.10
2/6/10	4/12/20	2	4	4	15.1 ^x /.5/.9
2/8/10	4/16/20	1	6	4	14.2 ^x /.8/.10
4/6/8	8/12/16	1	11	5	14.4/.6/.8
4/8/10	8/16/20	1	12	6	14.4/.8/.10
2/4	4/8	2	6	3	15.2/.4
2/6	4/12	1	4	3	14.1 ^x /.5
2/8	4/16	1	6	3	14.2 ^x /.8
2/10	4/20	3 oder 4	3	2	18.1/18.3
4/6	8/12	2	5	2	15.4/.6
4/6	8/12	9	8	3	19.1/.2
4/10	8/20	2	6	3	15.4/.10
6/8	12/16	1	5	2	14.6/.8
6/8	12/16	10	8	3	19.1/.2
6/10	12/20	1	4	3	14.7/.11 ^x
8/10	16/20	1	6	3	14.8/.10

x) Y anstatt Δ-Schaltg.

Tabelle 5

- 18 -
- Leerseite -

Fig. 1

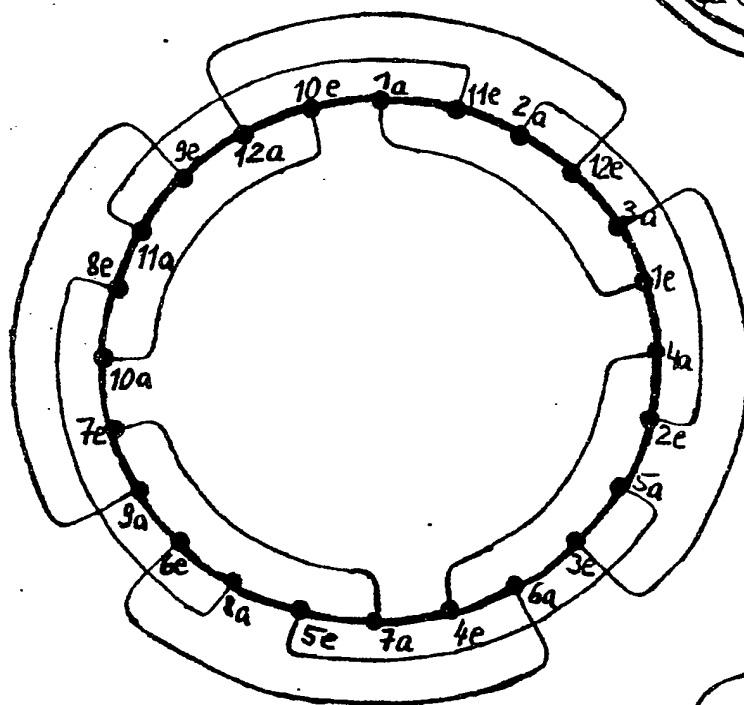
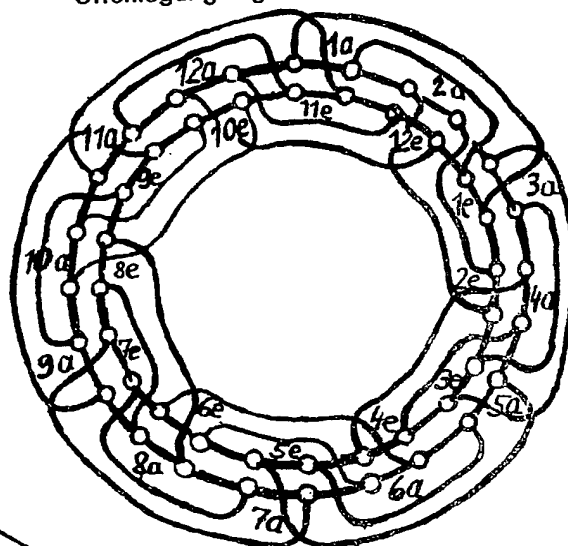
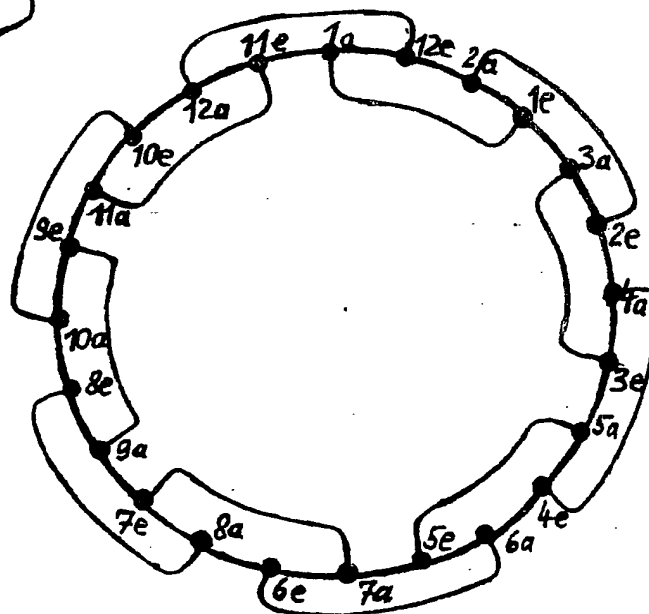


Fig. 10

Fig. 11



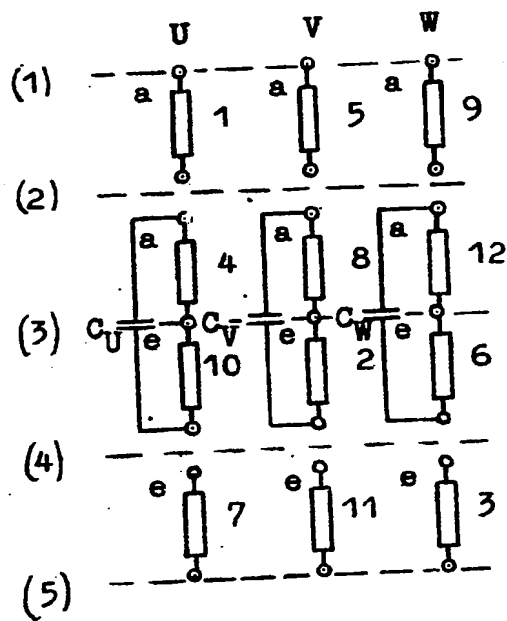


Fig. 2

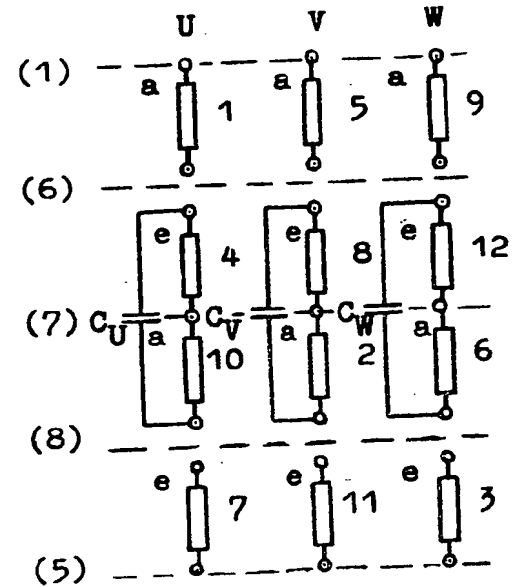


Fig. 3

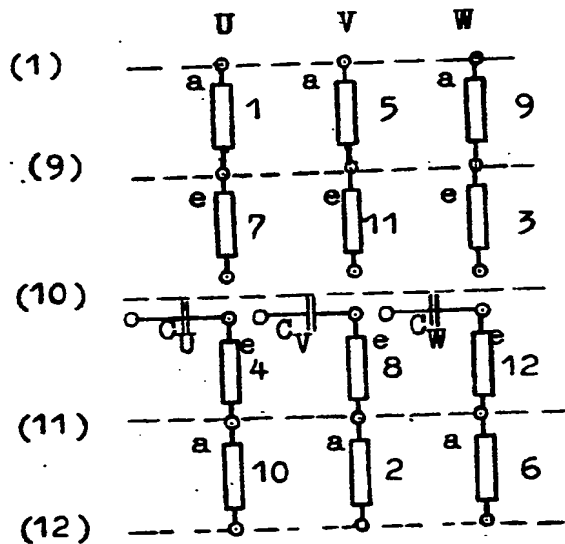


Fig. 4

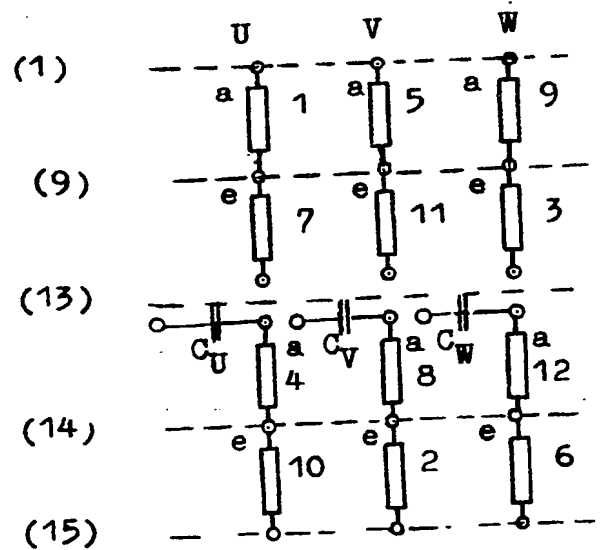
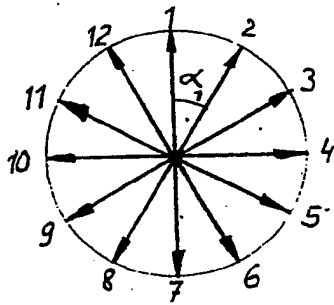


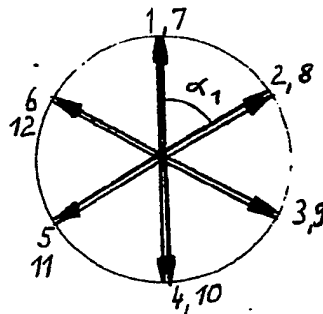
Fig. 5

6.1



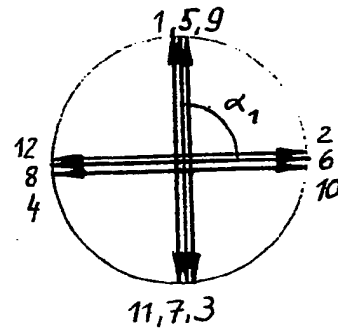
Polzahlstufe 1

6.2



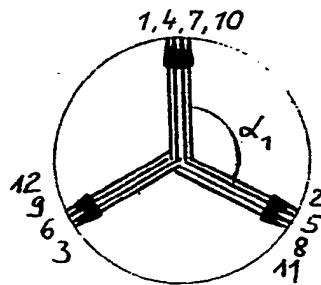
Polzahlstufe 2

6.3



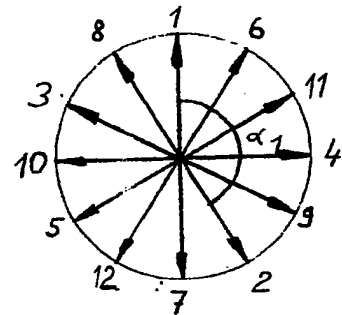
Polzahlstufe 3

6.4



Polzahlstufe 4

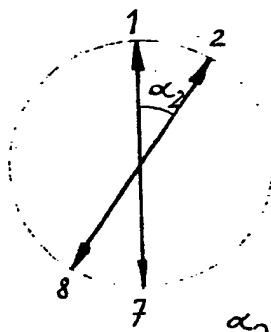
6.5



Polzahlstufe 5

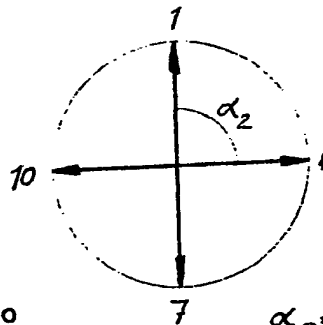
Fig. 6

7.1



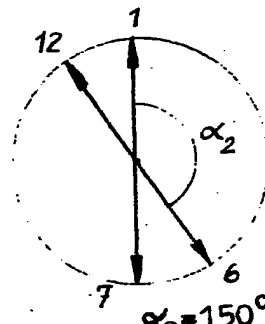
$\alpha_2 = 30^\circ$

7.2



$\alpha_2 = 90^\circ$

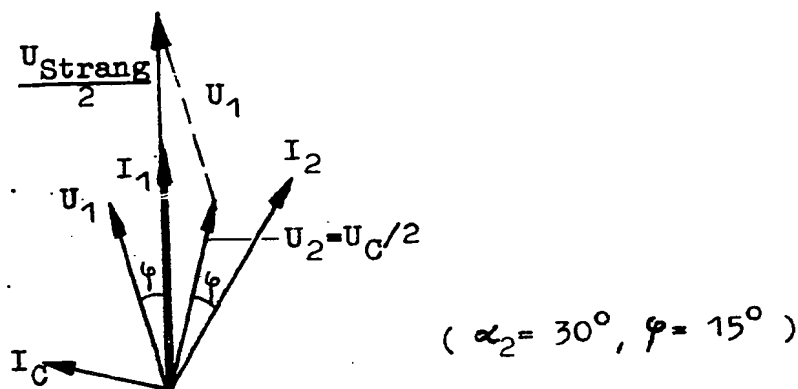
7.3



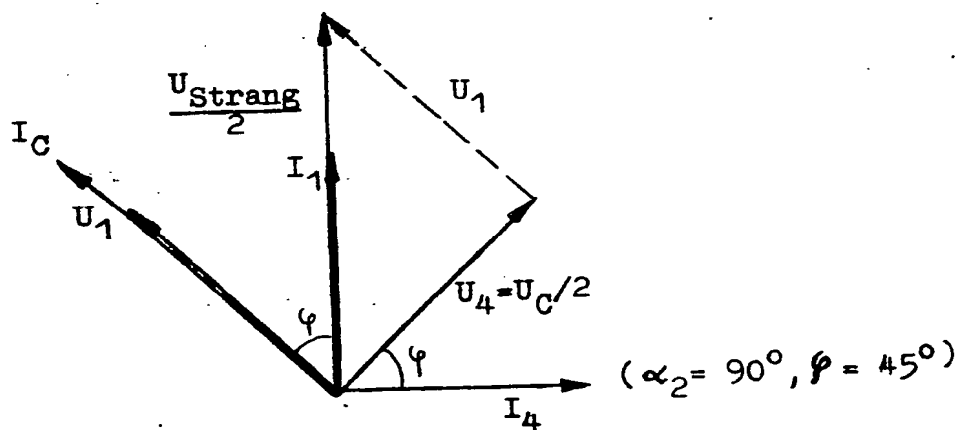
$\alpha_2 = 150^\circ$

Fig. 7

8.1



8.2



8.3

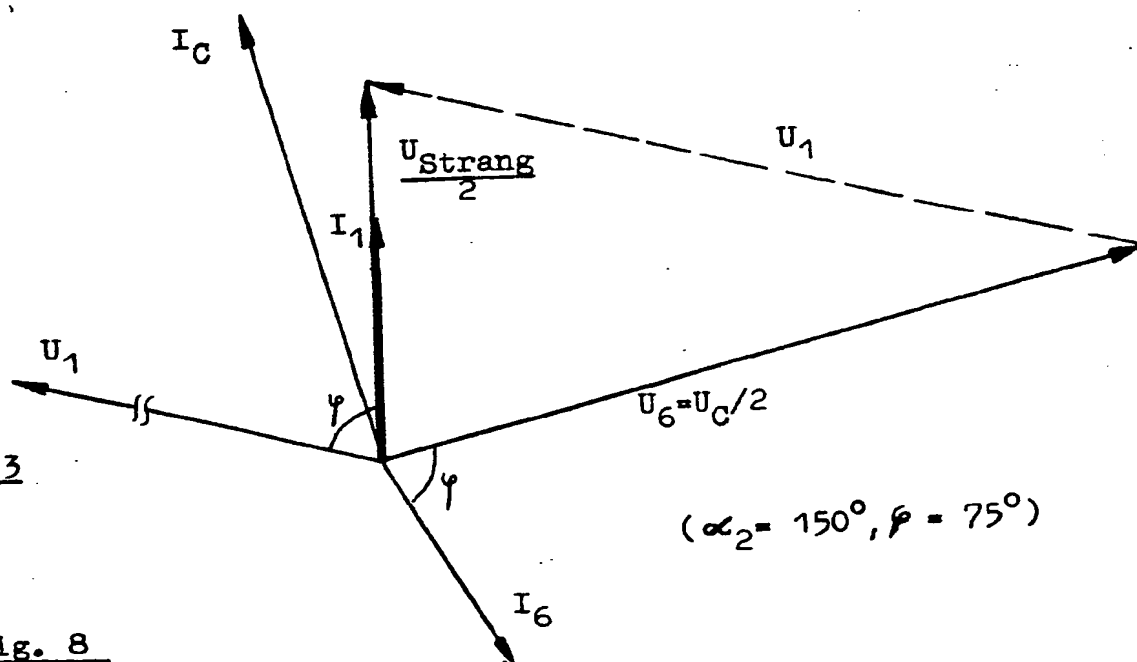


Fig. 8

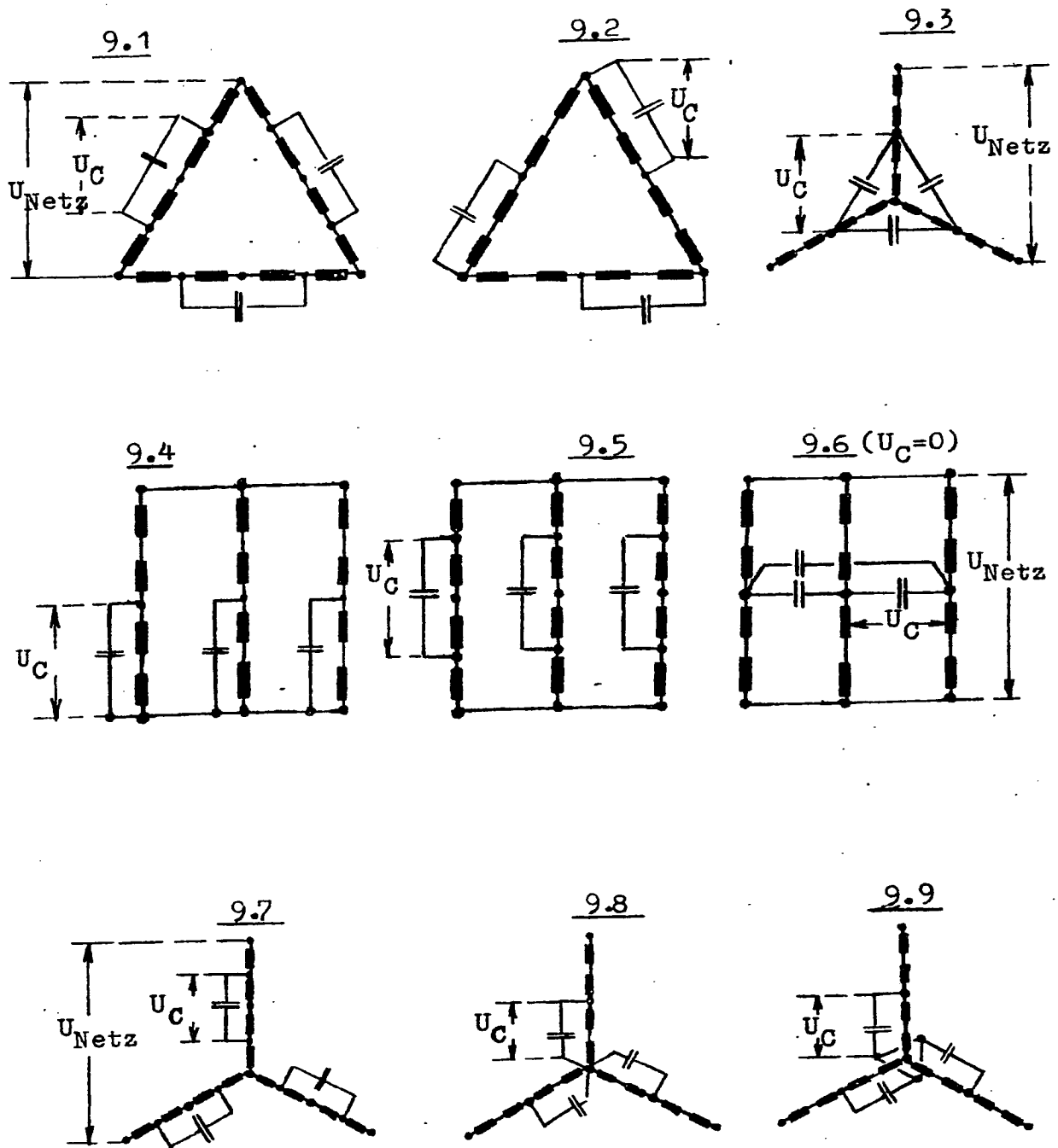
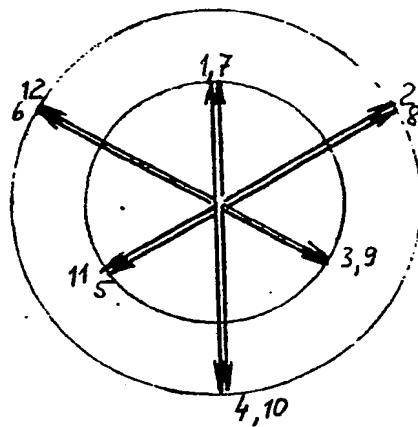
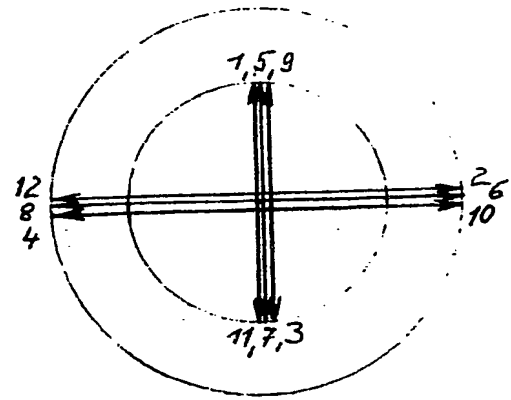


Fig. 9



12.1



12.2

Fig. 12

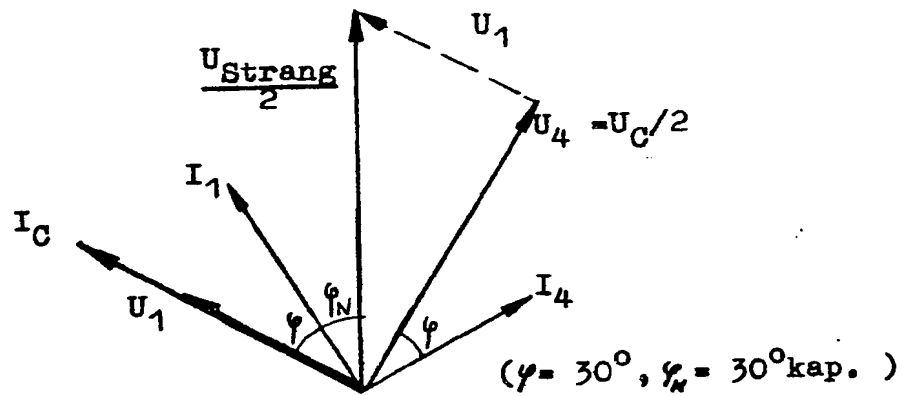


Fig. 13

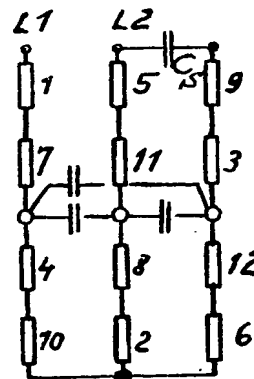
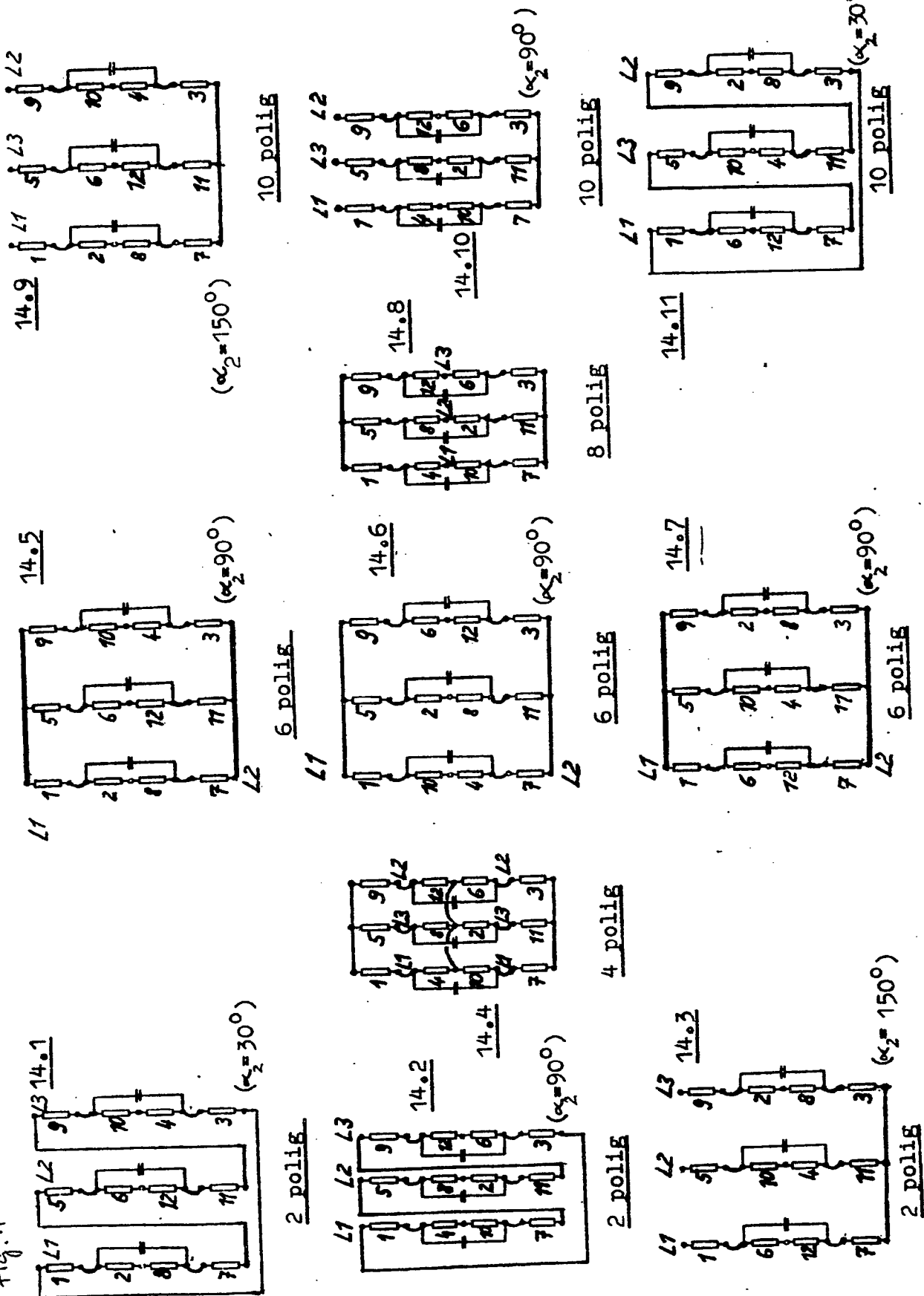
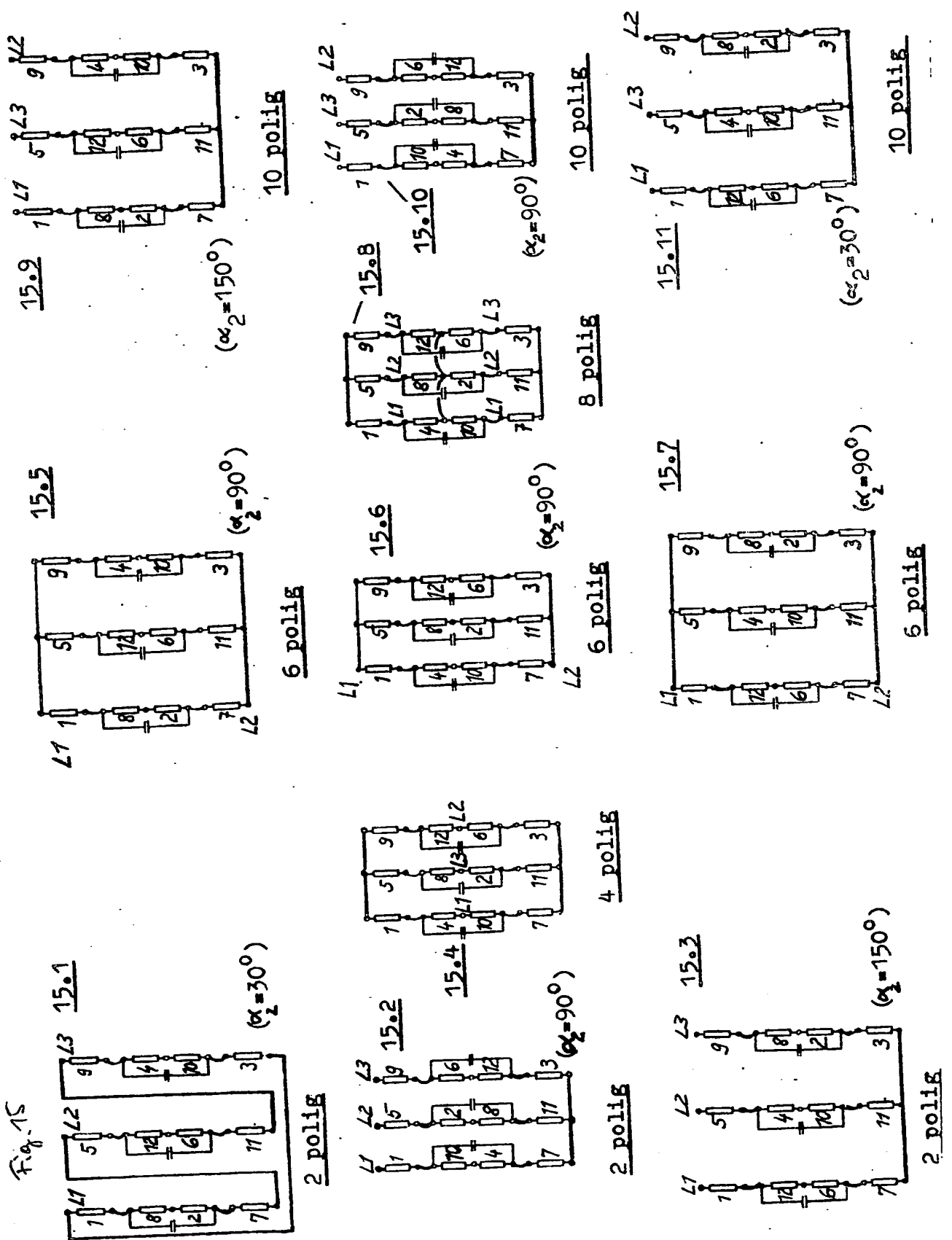


Fig. 21 (C_S = Steinmetzkondensator)

Fig. 14





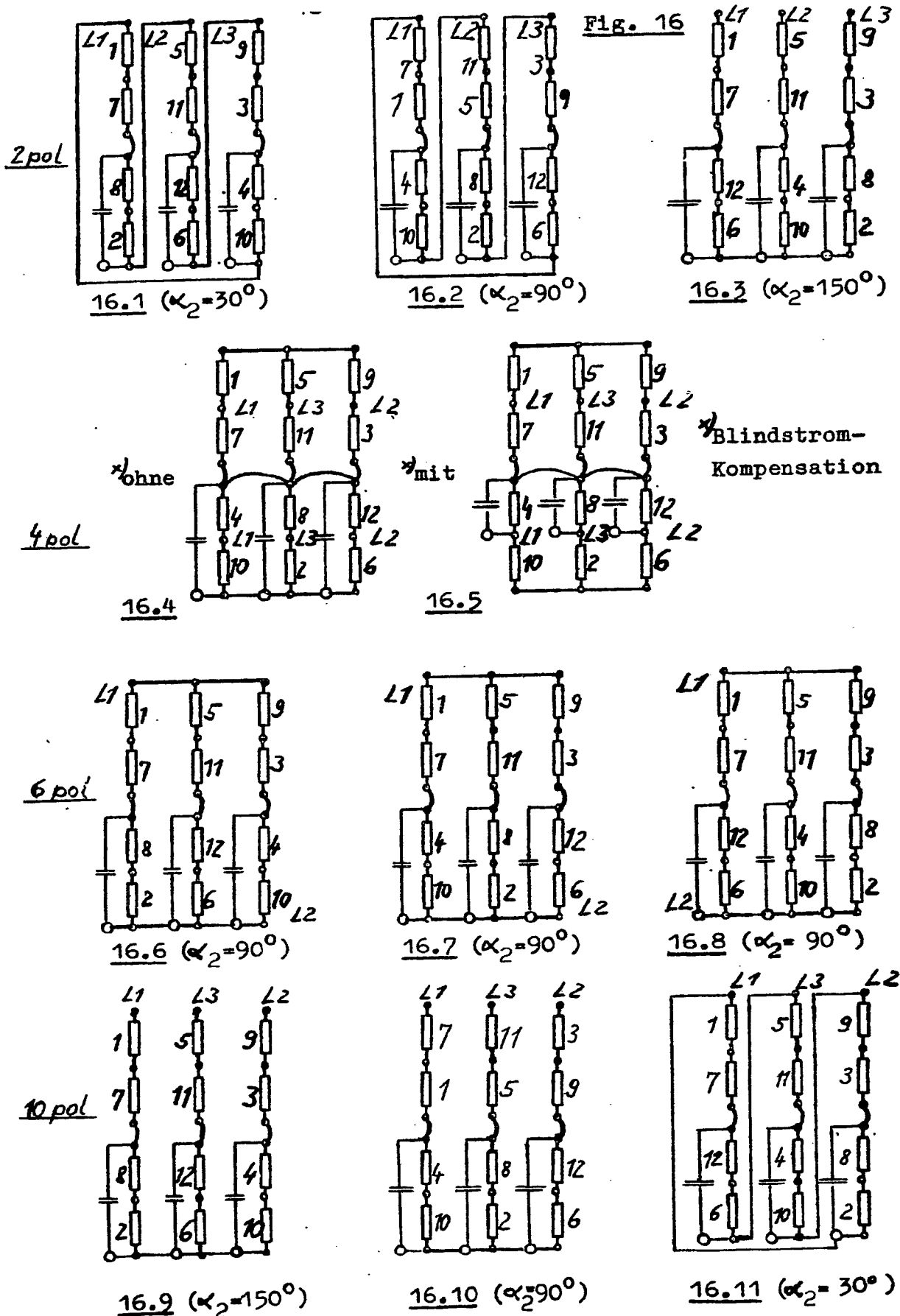
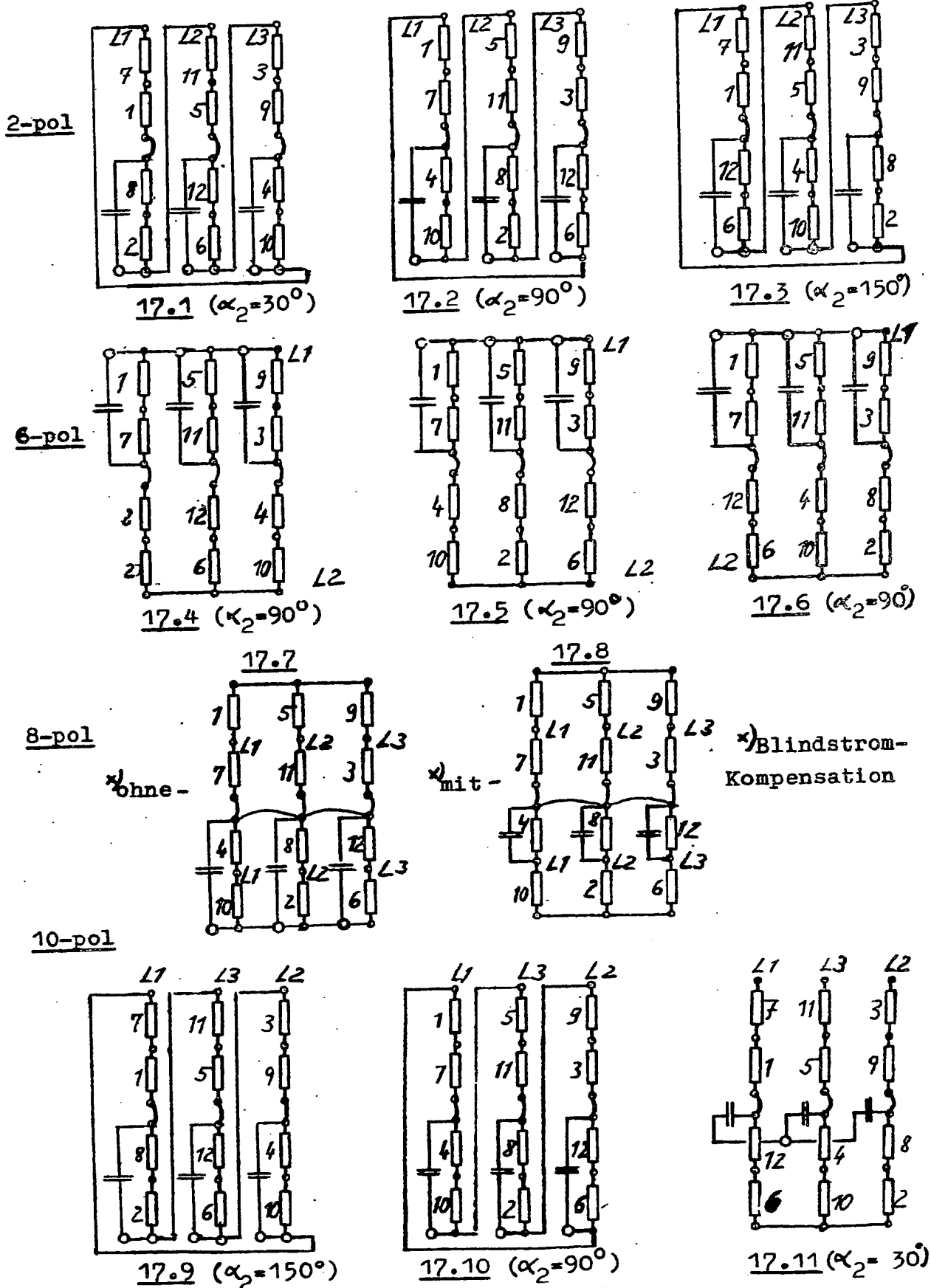
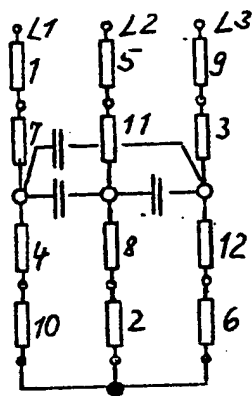


Fig. 17





18.1 Polzahlstufe 1

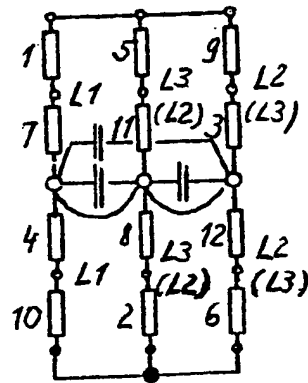
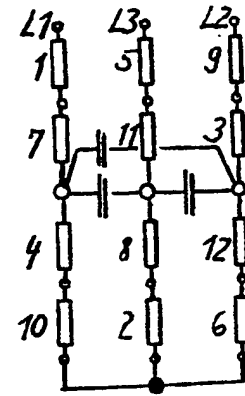
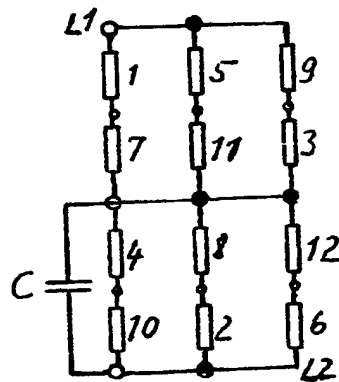
18.2 Polzahlstufe 2
oder 418.3 Polzahl-
stufe 5

Fig. 18



19.1 Polzahlstufe 3

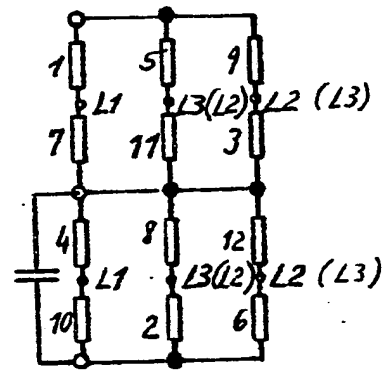
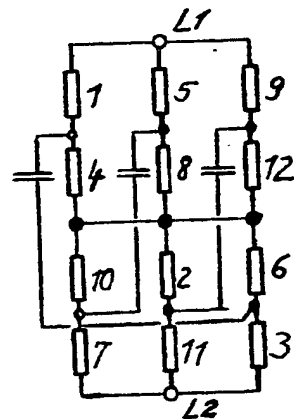
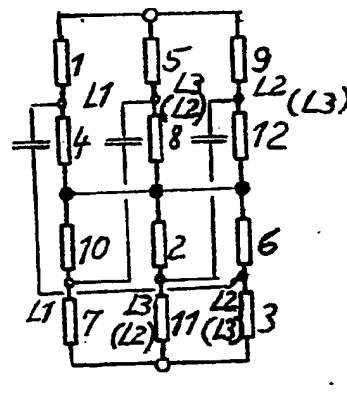
19.2 Polzahlstufe 2
oder 4

Fig. 19



20.1 Polzahlstufe 3



20.2 Polzahlstufe 2 oder 4

Fig. 20